

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Matija Krsnik

Zagreb, 2019. godina

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić, dipl. ing.

Student:

Matija Krsnik

Zagreb, 2019. godina

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Nedeljku Štefanić na ukazanom povjerenju prilikom izrade završnog rada.

Također, zahvaljujem se svima koji su me podržavali tokom studija, a posebno svojoj obitelji koja mi je pružila sve mogućnosti za postizanje ovog uspjeha.

Matija Krsnik



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Matija Krsnik**

Mat. br.: 0035198125

Naslov rada na
hrvatskom jeziku: **Digitalizacija proizvodnje i proizvodnih procesa**

Naslov rada na
engleskom jeziku: **Digitalization of production and production processes**

Opis zadatka:

Prije nekoliko godina pojavio se novi koncept upravljanja proizvodnjom nazvan Industrija 4.0. Navedeni koncept zasniva se na primjeni novih digitalnih tehnologija (Umjetna inteligencija, Virtualna stvarnost, Upravljanje velikom količinom podataka, Internet stvari, Internet usluga, Digitalni blizanci). Mali broj proizvodnih poduzeća je do sada digitalizirao svoje proizvodne i poslovne procese. Digitalna transformacija proizvodnje složen je proces koji zahtjeva detaljno razrađen pristup i metodologiju.

U radu je potrebno:

- sistematizirati i objasniti najvažnije digitalne tehnologije;
- objasniti pojam digitalne transformacije;
- na realnom primjeru iz proizvodne prakse primijeniti model digitalne transformacije proizvodnje;
- kvantificirati postignute rezultate;
- razviti programsku podršku.

Zadatak zadan:

29. studenog 2018.

Rok predaje rada:

1. rok: 22. veljače 2019.

2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2019.

3. rok: 20. rujna 2019.

Predvidjeni datumi obrane:

1. rok: 25.2. - 1.3. 2019.

2. rok (izvanredni): 2.7. 2019.

3. rok: 23.9. - 27.9. 2019.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS KRATICA	IV
SAŽETAK.....	V
SUMMARY	VI
1. UVOD.....	1
2. INDUSTRIJA 4.0	2
2.1. Zašto Industrija 4.0	3
2.2. Izazovi i područja primjenjivosti	4
2.3. Ključni ciljevi.....	4
3. DIGITALNE TEHNOLOGIJE.....	6
3.1. Računarstvo u oblaku.....	6
3.1.1. Podjela Oblaka	7
3.2. Umjetna inteligencija	8
3.2.1. Strojno učenje	9
3.2.2. Duboko učenje	10
3.3. Virtualna stvarnost	11
3.4. Proširena stvarnost	12
3.5. Internet stvari	13
3.5.1. Industrijski Internet stvari	14
3.5.2. Ostala područja	15
3.6. Upravljanje velikom količinom podataka	16
3.6.1. Važnost i svrha.....	16
3.7. Digitalni blizanci.....	17
4. MODELI DIGITALIZACIJE	19
4.1. Pametna tvornica – općenito	19
4.1.1. Kibernetičko-fizički sustavi	20
4.1.2. Fleksibilnost sustava	20
4.1.3. Povezanost	20
4.2. Ostali modeli digitalizacije	20
4.3. Primjeri digitalnih poslovnih rješenja	21
4.3.1. Mapvision	21
4.3.2. Wanderfeel	22
4.3.3. Audi.....	23
5. DIGITALNA TRANSFORMACIJA PODUZEĆA	24
5.1. Općenito o poduzeću.....	24
5.2. Strategija i ciljevi poduzeća	24
5.3. Proizvodni program.....	24
5.4. Trenutni proizvodni sustav i mogućnosti unapređenja	25
5.4.1. Pametna proizvodna linija sa senzorima	26
5.4.2. Cloud rješenje	27

5.4.3. Aplikacija za povezanost sa maloprodajnim jedinicama	27
6. DIGITALNO UNAPRJEĐENJE FAKULTETA STROJARSTVA I BRODOGRADNJE	28
6.1. Ukidanje indeksa.....	29
6.2. Digitalno unapređenje	31
6.3. Plan implementacije.....	32
7. ZAKLJUČAK.....	36
LITERATURA.....	37
PRILOZI.....	38

POPIS SLIKA

Slika 1.	Udio vrijednosti tržišta prema [1]	3
Slika 2.	Računarstvo u oblaku [3]	7
Slika 3.	Podjela Oblaka [4]	8
Slika 4.	Umjetna inteligencija – grananje	9
Slika 5.	Modeli strojnog učenja [5]	10
Slika 6.	Postupak dubokog učenja [6]	10
Slika 7.	Predvodnici VR [7]	11
Slika 8.	Proširena stvarnost [8]	12
Slika 9.	Investicije AR/VR u milijardama dolara [9]	13
Slika 10.	Investicije IoT po sektoru [10]	14
Slika 11.	Internet stvari - podjela [11]	15
Slika 12.	Digitalni blizanci - motor aviona [14]	18
Slika 13.	Prikaz pametne tvornice [16]	19
Slika 14.	Prikaz kontroliranih dijelova [17]	21
Slika 15.	Način rada [18]	22
Slika 16.	Struktura proizvodnog sustava	25
Slika 17.	Mogućnosti unapređenja fakulteta	28
Slika 18.	Strukturni prikaz upisa potpisa i ocjene	30
Slika 19.	Prikaz trenutnog procesa upisa	31
Slika 20.	Studentsko sučelje	32
Slika 21.	Prikaz sučelja – Upis semestra	34
Slika 22.	Prikaz sučelja – Upute	34
Slika 23.	Prikaz sučelja – Završni rad	35
Slika 24.	Prikaz sučelja - e-potvrda	35

POPIS KRATICA

Kratika	Značenje
IoT	Internet stvari (eng. Internet of Things)
IIoT	Industrijski Internet stvari (eng. Industrial Internet of Things)
AI	Umjetna inteligencija (eng. Artificial Intelligence)
ML	Strojno učenje (eng. Machine Learning)
DP	Duboko učenje (eng. Deep Learning)
VR	Virtualna stvarnost (eng. Virtual Reality)
AR	Proširena stvarnost (eng. Augmented Reality)
IaaS	Infrastruktura kao usluga (eng. Infrastructure as a Service)
PaaS	Platforma kao usluga (eng. Platform as a Service)
SaaS	Programi kao usluga (eng. Software as a Service)
ICT	Informacijske i komunikacijske tehnologije (eng. Information and Communications Technology)
CPS	Kibernetско-fizički sustav (eng. Cyber-physical System)
AGV	Automatski upravljano vozilo (eng. Automated Guided Vehicle)

SAŽETAK

Tema ovog rada je transformacija tradicionalnih sustava u pametne proizvodne sustave. Unaprjeđenjem proizvodnje i proizvodnih procesa stvaraju se potpuno drugačiji, napredniji proizvodni sustavi. Naglasak će biti na primjeni koncepta Industrije 4.0 u sklopu kojeg podrazumijevamo digitalne tehnologije kao što su Umjetna inteligencija, Virtualna stvarnost, Proširena stvarnost, Upravljanje velikom količinom podataka, Internet stvari, Industrijski Internet stvari, Duboko i strojno učenje te mnoge druge u razvoju. Navedene tehnologije, implementirane u odgovarajućem tehnološkom području, omogućavaju ubrzano poboljšavanje postojećih proizvodnih sustava kako bi poduzeće istovremeno potvrdilo opstanak na tržištu, ali i povećalo konkurentnost putem dostupnijih proizvoda i inovacija.

Ključne riječi: Industrija 4.0, Digitalizacija proizvodnje, Digitalna transformacija, Pametna tvornica, Digitalne tehnologije

SUMMARY

The key focus of this paper is the transformation of the traditional systems into smart production systems. Improved production and production processes create completely different, more advanced production systems. The emphasis will be on the application of Industry 4.0, which implies digital technologies such as Artificial Intelligence (AI), Virtual Reality (AR), Augmented Reality (AR), Big Data, Internet of Things (IoT), Industrial Internet of Things, (IIoT), Machine Learning (ML), Deep Learning (DL) and so on. These technologies, implemented in the appropriate technology area, allow to accelerate the upgrade of existing production systems in order for company to survive on the market, as well as increase the competitiveness via new products and innovations.

Key words: Industry 4.0, Digitalization of Production, Digital Transformation, Smart Factory, Digital Technology

1. UVOD

Sve je počelo u 18. stoljeću izumom parnog stroja koji je uzrokovao mehanizaciju proizvodnje. Slijedeće stoljeće je bilo početak masovne proizvodnje, elektrifikacije i najvažnije proizvodne trake koje su obilježile drugu industrijsku revoluciju. Treća revolucija je započela sa širenjem tranzistora i posljedično elektronike općenito. Pojava robota je bila glavna prekretnica te je rezultirala u brže, bolje, jeftinije i sigurnije proizvodne sustave.

Na početku 20. stoljeća, 1991.godine, proizvodnja kao grana industrije, ostvarila je prihod u iznosu od približno 3,5 milijardi eura. Glavni lideri proizvodnje, sa više od 60% navedenih prihoda, bile su industrije zemalja SAD-a, Japana, Njemačke, Italije, Ujedinjenog Kraljevstva i Francuske. U to vrijeme, industrije koje su tek bile u razvoju, udio u vrijednosti industrije od oko 20%.

Do danas, situacija se drastično promijenila. Tradicionalni proizvodni sustavi ostvarili su značajan pad u broju zaposlenika, dok je industrija koja primjenjuje nove koncepte ostvarila značajan porast u broju zaposlenika, kao što su Kina – [39%] i Brazil – [23%]. [1]

Industrija predstavlja glavnu ekonomsku ulogu Europe, te je ključ u području istraživanja, razvoja i inovacija, stvaranju poslova te izvozu proizvoda i usluga. U protekla dva desetljeća, industrija u Europi je oslabila. Broj poslova u proizvodnji značajno je pao te se industrija suočava sa velikim problemima. Problem predstavlja sve jača konkurencija koja je već primjenila razne nove tehnologije, čime je smanjila gubitke i povećala produktivnost, povećala prihode putem izvoza i kvalitetnijih proizvoda. To su odlike koje karakteriziraju predvodnike industrije i tržišta SAD-a, Japana, Indije, Kine, Brazila. A gdje se Europa nalazi u odnosu na njih?

Rješenje za to se vidi u četvrtoj industrijskoj revoluciji, koja je sada u punom tijeku. Izraz Industrija 4.0, dolazi iz Njemačke, gdje je njihov istraživački centar iskovao taj pojam kako bi naglasio nužne promjene koje omogućuju bolje praćenje, kontrolu, optimizaciju i autonomiju pojedinih proizvodnih procesa. Koji su potrebni preduvjeti za implementaciju Industrije 4.0, koje nam prednosti i nedostatke donosi, pobliže će se objasniti u okviru ovog rada, zajedno sa pojedinim digitalnim tehnologijama koje su postale neophodne za transformaciju prema učinkovitijim proizvodnim sustavima.

2. INDUSTRIJA 4.0

Tradicionalni proizvodni sustavi se sastoje od niza strojeva, operatera, radnika od kojih je većina niskokvalificirana te tek od nekolicine ljudi sa visokim znanjima koji vrše upravljanje i menadžment takvog sustava u poduzeću. Iako takvi proizvodni sustavi, ako su upravljani na ispravan način, mogu predstavljati pozitivnu poslovnu priču, imaju nekoliko nedostataka i mogućnost prema unapređenju.

Ljudi predstavljaju jednu od slabih karika u proizvodnome sustavu. Bilo da je riječ o prijenosu informacija, o zdravstvenom stanju pojedine osobe ili pogrešci treće vrste koja može biti i namjerna sabotaža u sustavu, sigurno je da ljudi nisu savršeni te da uvijek postoji šansa za neku pogrešku u samom sustavu. Svaka osoba predstavlja jedinstveno biće, te kao takvo svako može pogriješiti na svoj način. Ukoliko je riječ o poduzeću sa puno zaposlenika, postoji veliki broj mogućih pogrešaka koje se mogu dogoditi.

Nadalje, pogreške mogu uzrokovati i strojevi. Ukoliko je riječ o starijim pogonima, koji su opremljeni sa starijom proizvodnom opremom, postoji šansa od neplaniranog kvara koji se možda ne će otkriti istoga trenutka. Ukoliko u poduzeću nema odgovorne osobe za održavanje, ili je održavatelj previdio kvar te stroj nastavi raditi u neispravnom stanju, može doći do kvara većeg stupnja ili čak havarije koja će imati puno veće posljedice za poduzeće. Također, i kod novije opreme može doći do problema koja ponovno zadaje probleme i u sustavu proizvodnje, ali i menadžmentu kao organizacijskoj strukturi poduzeća.

Kako bi se navedeni problemi mogli eliminirati, potrebno je kontinuirano razvijati i poboljšavati proizvodne sustave, te nam upravo ovdje uskače pojam Industrije 4.0.

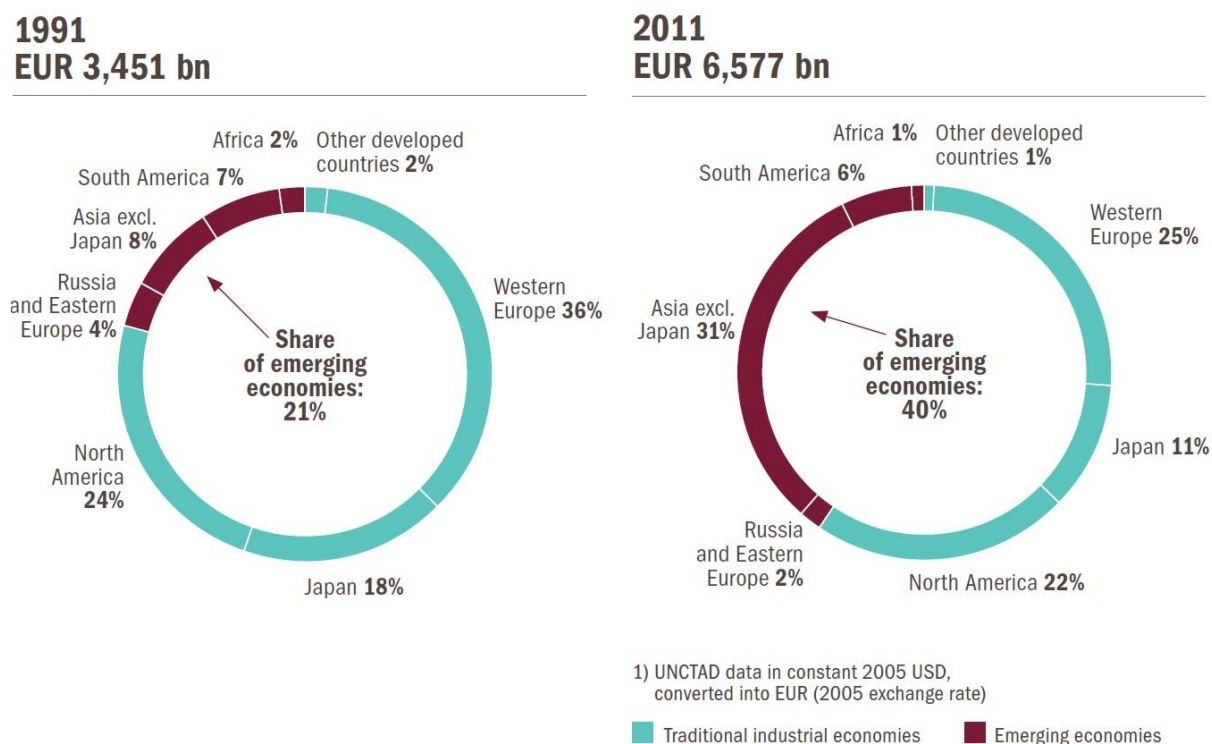
Industrija 4.0 predstavlja revolucijski koncept u načinu upravljanja proizvodnim sustavima. Koncept se sastoji od međusobnog povezivanja svih elemenata sustava u jednu funkcionalnu i skladnu cjelinu. Riječ je o transformaciji običnih sustava u kibernetско-fizičke pametne sustave. Temeljna zadaća i prednost transformacije u takav sustav je uspostavljanje komunikacije između samih strojeva, ali i komunikacije strojeva prema ljudima, kako bi mogli razmjenjivati potrebne informacije o trenutnoj proizvodnji i to u realnom, stvarnom vremenu.

2.1. Zašto Industrija 4.0

Kao što je već ranije spomenuto, industrija u Europi je od kraja 20. stoljeća u problemima. Tri su ključna problema koji su zahvatili tradicionalne proizvodne sustave dok industrije u nastajanju, od kojih Azija kao cjelina (osim Japana), predstavlja lidera nove generacije te povećava svoju dominaciju putem ulaganja u razvoj. Prvi od problema je pad u povećanju produktivnosti tradicionalnih proizvodnih sustava. Drugi problem je pad u tržišnom udjelu koji su preotele industrije u nastajanju, a predvodnici su Brazil, Rusija, Indija i Kina. Treći problem je uzimanje vanjskih suradnika za poslove logistike, upravljanja objektima, održavanje i različite vrste profesionalnih usluga u industriji općenito.

Sa ciljem uspostavljanja bolje industrije, potrebno je unaprijediti postojeće proizvodne sustave, a oni su objedinjeni u konceptu Industrije 4.0.

[Slika 1.] jasno prikazuje pad udjela tradicionalnih industrija u odnosu na one koje su u punom razvoju.



Slika 1. Udio vrijednosti tržišta prema [1]

2.2. Izazovi i područja primjenjivosti

Promjena okoliša, strukture sustava ili jednostavno promjena navike se uvijek suočava sa otporom. Otpor, koji je najčešće rezultat nesigurnosti prema novim stvarima i manjku informacija o njima, predstavlja problem i pri implementaciji Industrije 4.0. Bitan faktor prilikom implementacije pojedinog rješenja je edukacija samih zaposlenika koji se nalaze u tom proizvodnom sustavu. Efekt koji se postiže edukacijom je proširivanje svijesti zaposlenika prema novim tehnologijama koje će dovesti do pozitivnih promjena u cjelokupnom poduzeću.

Koncept Industrije 4.0 zahvaća mnoga područja u proizvodnji, procesima kontrole i upravljanja općenito. Promjene, koje su nužne, zahvaćaju sve dijelove poduzeća sa naglaskom na slijedeće stvari:

- **Novi poslovni modeli**
- **Standardizacija i organizacija**
- **Životni ciklus proizvoda**
- **Lanac vrijednosti u industriji**
- **Računalna sigurnost**
- **Istraživanje i razvoj**
- **Obrazovanje i vještine zaposlenika**
- **Socio-ekonomski čimbenici**

2.3. Ključni ciljevi

Glavni problemi koji nisu implementirani u tradicionalnim proizvodnim sustavima, a koje Industrija 4.0 obuhvaća u svom pametnom konceptu jesu:

- 1) **Fleksibilnost** – mogućnost brze adaptacije proizvodnje orijentirajući se prema zahtjevima kupaca i tržišta
- 2) **Umreženost** – povezanost svih strojeva u jedan sustav sa ciljem bržeg odziva i prijenosa informacija u stvarnom vremenu
- 3) **Bolja kontrola** – imajući u vidu umreženost sustava, u slučaju kvara pojedinog stroja, sustav automatski reagira na postojeći problem te se sam adaptira prema zahtjevima proizvodnje

- 4) **Učenje sustava** – primjenom tehnologija kao što je Umjetna inteligencija, sustavi imaju sposobnost samostalnog određivanja parametara i procjene vremena za operacije koje izvode prvi put, čime se unaprijed može definirati isplativost proizvodnog procesa
- 5) **Samostalnost** – iako postoje zaposlenici koji nadziru cjelokupne procese, pametni proizvodni sustavi samostalno odrađuju sve korake proizvodnje bez njihove pomoći

3. DIGITALNE TEHNOLOGIJE

Za napredak i opstanak svakog poduzeća potrebno je ostati u koraku s vremenom, potrebno je pratiti trenutne i nove tehnologije koje se koriste kao i one koje će se tek probiti na tržište. Da bi poduzeće ostalo u koraku s vremenom, potrebno je uvoditi i primijeniti odgovarajuće digitalne tehnologije, te dolazimo do pojma digitalne transformacije poduzeća.

Digitalna transformacija je integracija digitalnih tehnologija u sva područja poslovanja, čime se djelomično ili u potpunosti mijenjaju postupci proizvodnje i način isporuke vrijednosti prema kupcima. Tehnologije koje predvode digitalnu transformaciju, a povezane su sa industrijskim sektorom, detaljno su prikazane u ovome poglavlju.

3.1. Računarstvo u oblaku

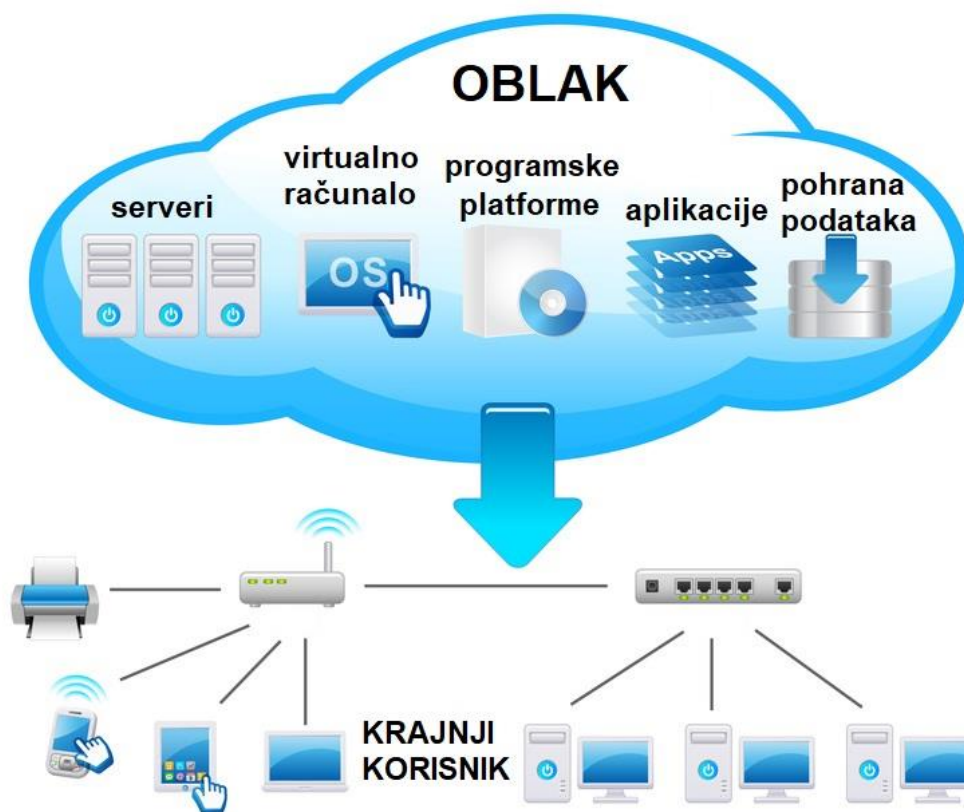
Računarstvo u oblaku (eng. Cloud Computing), često zvano samo Oblak (eng. Cloud), predstavlja isporuku računalnih resursa na zahtjev – sve od aplikacija do podatkovnih centara – preko interneta na temelju plaćanja za korištenje određene usluge. [2]

To je vrsta tehnologije koja pruža najam velikih i snažnih računala putem interneta, od strane pružatelja, za upotrebu na način adekvatan za projekt krajnjeg korisnika i/ili za cjelokupno funkcioniranje poduzeća. [Slika 2.] prikazuje mogućnosti koje pruža računarstvo u oblaku. Pohrana podataka, korištenje programskih platformi, komunikacija, upravljanje cjelokupnog sustava, nadzor nad sustavom, izrada financijskih izvještaja putem različitih vrsta aplikacija su samo neke od mogućnosti Oblaka.

Temeljne prednosti korištenja oblaka su:

- **Neograničeni kapacitet** za pohranu podataka, što podrazumijeva da se kapacitet potreban za pohranu podataka može proširiti u skladu sa zahtjevima klijenta
- **Sigurna pohrana** (eng. Backup) svih podataka koji se unose
- **Nadogradnja** (eng. Scalability) čime se omogućuje investicija novih IT rješenja bez kupovine nove računalne opreme
- **Mobilnost** – mogućnost pristupa sustavu gdje god postoji pristup internetu bez da ugrozimo samu sigurnost sustava
- **Fleksibilnost resursa** – troškovi Oblaka se prilagođavaju zahtjevima trenutnog poslovanja poduzeća

- **Inovativnost** – korištenje najnovije ICT tehnologije
- **Faktor konkurentnosti** – mogućnost konkuriranja sa većim poduzećima koja imaju veća ulaganja u ICT tehnologije



Slika 2. Računarstvo u oblaku [3]

3.1.1. Podjela Oblaka

Razlikuju se dvije temeljne podjele Oblaka: prema modelu razvoja te prema vrsti usluge koja se pruža [Slika 3.].

Prva podjela **prema modelu razvoja** obuhvaća tri podvrste od kojih svaka ima drugačije karakteristike. Privatni oblak je upravlján direktno od organizacije koja ga koristi za svoje vlastite potrebe te je najčešće u njezinom vlasništvu. Javni oblak predstavlja tip oblaka koji je dostupan javnosti putem interneta, u sklopu određenih servisa, a u vlasništvu je pružatelja oblaka. Hibridni oblak je vrsta koja sadržava funkcionalnosti i javnog i privatnog oblaka ovisno o potrebama.

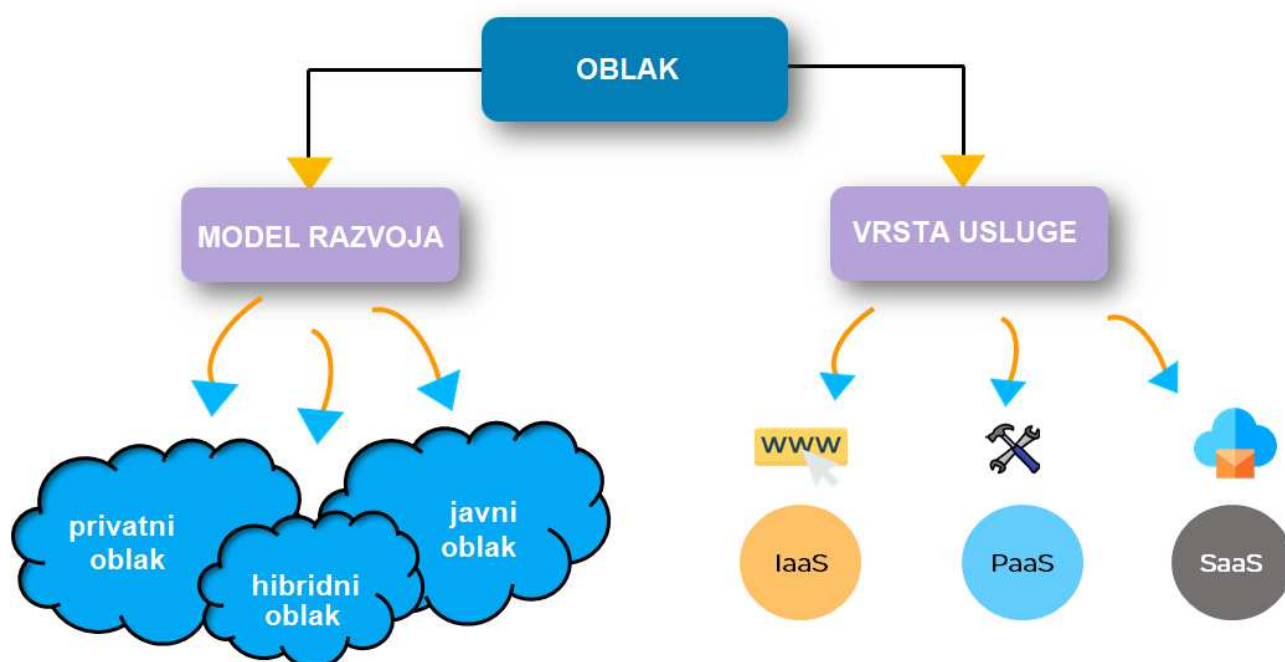
Druga podjela se definira **prema vrsti pružane usluge**, a može biti IaaS, PaaS ili SaaS.

- **IaaS** – Infrastruktura kao usluga (eng. Infrastructure as a Service)
- **PaaS** – Platforma kao usluga (eng. Platform as a Service)
- **SaaS** – Programi kao usluga (eng. Software as a Service)

IaaS je namijenjen za korisnike kojima su potrebna računala za korištenje servera, umrežavanje te pohranu podataka koji se plaća po upotrebi. Korisnici sami dizajniraju potrebne aplikacije i programe koji su im potrebni za korištenje na Oblaku.

PaaS je usluga koja pruža infrastrukturu zajedno sa potrebnim programima, ali korisnici imaju mogućnost nadogradnje postojećih aplikacija i programa.

SaaS je koncipiran na način da je sve pohranjeno na Oblaku, te se korisnici preko vlastitog računala umrežuju sa njim. Pružatelj usluge osigurava sve potrebne aplikacije i programe koji se nalaze na Oblaku.



Slika 3. Podjela Oblaka [4]

3.2. Umjetna inteligencija

Tehnologija koja dobiva sve više na važnosti, te se svakim danom sve više razvija je umjetna inteligencija – AI (eng. Artificial Intelligence). Predstavlja dio računalne znanosti koja se bavi razvojem sposobnosti računala, kako bi imitiralo ljudsko ponašanje, za snalaženje u

novonastalim situacijama. Umjetna inteligencija je bazirana na velikoj količini ulaznih podataka, analizi, pravilima primjene i međuovisnosti između svega navedenog. Pomoću različitih algoritama i metoda, računala postaju sposobna samostalno donositi zaključke, razumjeti određene vrste signala, razumjeti govor, što slika prikazuje i dr. AI se dakle koristi za označavanje svakog neživog sustava koji pokazuje takve sposobnosti.

Temeljne funkcije sustava baziranih na umjetnoj inteligenciji su:

- **prikupljanje i obrada** podataka i informacija
- **interakcija** sa radnom okolinom, koja može uključivati komunikaciju prema drugom AI sustavu ili prema čovjeku
- **planiranje i zaključivanje** na temelju obrade podataka

S ciljem unapređenja, razvile su se nove grane unutar umjetne inteligencije gdje svaka pridonosi određene prednosti.



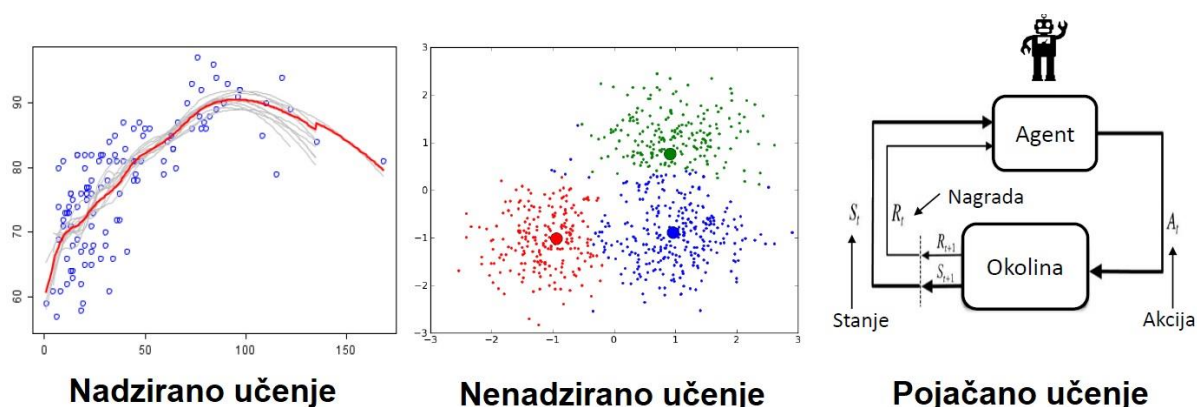
Slika 4. Umjetna inteligencija – grananje

3.2.1. Strojno učenje

Strojno učenje (eng. Machine Learning) je grana umjetne inteligencije kojoj je temeljna inovacija sposobnost računala da uči na temelju prošlih provedenih radnji, odnosno na temelju iskustva. Koristeći se određenim matematičkim metodama, kao što su linearna algebra, vjerojatnost i statistika, matematička optimizacija, računala imaju sposobnost bolje analize podataka. Na temelju naučenih znanja i evaluacije, računala imaju sposobnost predviđanja sa određenim postotcima točnosti i preciznosti.

Prema [5] postoje tri modela strojnog učenja:

- **Nadzirano učenje** – Algoritam prihvaća skup podataka sa nezavisnom i odzivnom varijablom. Cilj je predikcija nove vrijednosti odzivne varijable na temelju novog opažanja.
- **Nenadzirano učenje** – Skupu nezavisnih varijabla nije pridružena odzivna varijabla. Cilj ovog modela je grupiranje podataka, otkrivanje vrijednosti koje odstupaju te smanjenje dimenzije skupa.
- **Pojačano učenje** – Metoda za rješavanje sekvencijalnih problema donošenja odluka gdje je agent u interakciji sa okolinom. Cilj je maksimizirati akumuliranu nagradu.



Slika 5. Modeli strojnog učenja [5]

3.2.2. Duboko učenje

Duboko učenje (eng. Deep Learning) je posebna vrsta strojnog učenja koja je inspirirana funkcionalnošću moždanih stanica, neurona, koje su dovele do pojave koncepta pod nazivom umjetna neuronska mreža. Ona omogućuje da stroj ima sposobnost učenja i donošenja samostalnih inteligentnih odluka.

Proces dubokog učenja se sastoji od kompleksnog ulaznog podatka i postepenog analiziranja, gdje dolazi do filtriranja segmenata po koracima, svrstavanja podataka i donošenja zaključka.



Slika 6. Postupak dubokog učenja [6]

3.3. Virtualna stvarnost

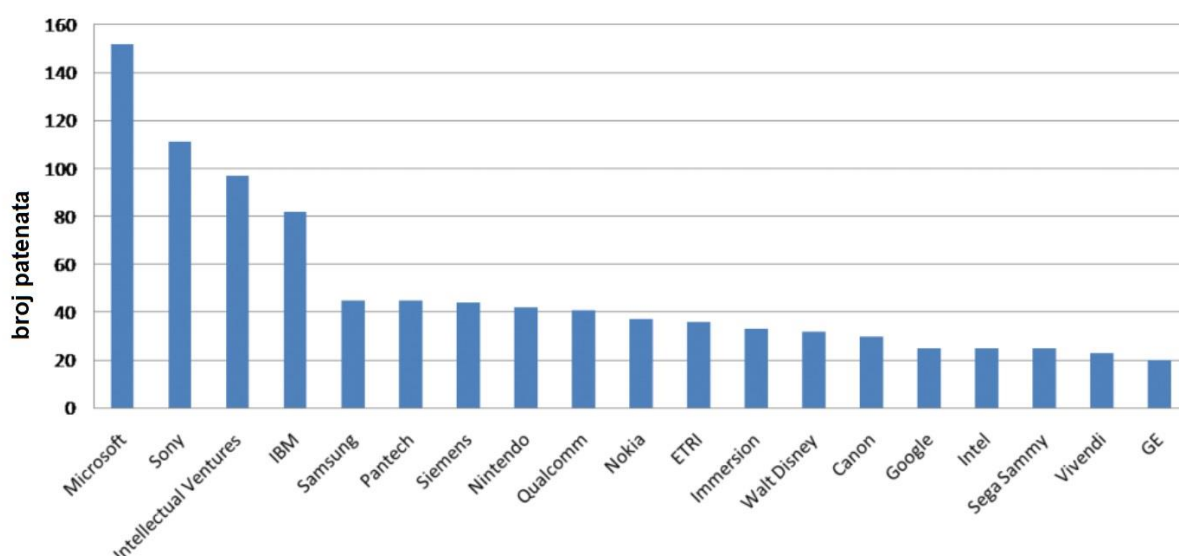
Virtualna stvarnost (eng. Virtual Reality) – VR – je računalno generiran svijet sa simuliranim trodimenzionalnim okruženjem. Korisnik uranja u svijet virtualne stvarnosti pomoću interaktivnih uređaja kao što su naočale, slušalice i razni predmeti koji šalju signale generirajući odziv u virtualnome okruženju. Prvenstveno uključuje povratne informacije koje se temelje na vizualnim i zvučnim signalima.

VR, dakle, predstavlja zamjenu stvarnosti sa nekom novom, virtualnom stvarnošću. Koristi se u razne svrhe kao što su računalne igre, šetnja virtualnom stvarnošću, gledanje videa u 360°, ali ideja je prevariti mozak da to predstavlja novu stvarnost. VR je prve početke doživio u vojnoj industriji, u simulaciji zrakoplovnih letova. To je bilo značajno poboljšanje u treniranju pilota koji nisu imali iskustva, te su ovim načinom mogli stjecati potrebno iskustvo bez da se izlažu nepotrebnim opasnostima. Kako su to bili prvi pokušaji stvaranja virtualnog okruženja, ono se događalo u prostorijama opremljenim sa digitalnim displejima, te kao takvo nije predstavljalo mogućnost šire primjene zbog zahtjeva na opremu.

Danas, VR ima sve veću primjenu u različitim područjima, upravo zahvaljujući prenosivim uređajima za stvaranje virtualnoga okruženja.

Glavni predvodnici tehnologije, prema broju patenata su prikazani na [Slika 7.].

Prema području djelovanja tehnologije, najviše je zastupljen razvoj virtualnog svijeta u području e-trgovine (38%), zabave (33%), zdravstvu (16%) i simulacijskom treniranju (13%).



Slika 7. Predvodnici VR [7]

3.4. Proširena stvarnost

Proširena stvarnost (eng. Augmented Reality) – AR predstavlja prikaz stvarnog okruženja koje je prošireno sa virtualnim objektima i informacijama dodanih putem računala, a predstavljaju odziv u stvarnom vremenu. AR je interaktivna u oba smjera, što znači da virtualni predmeti registriraju na razne ulazne podatke, kao što su promjena položaja, rotacija uređaja, mjerenje brzine i slično, te shodno tome reagiraju.

Cilj proširene stvarnosti je pojednostaviti i unaprijediti korisničko iskustvo implementacijom digitalnih dodataka u svrhu lakšeg razumijevanja pojedinog sadržaja.

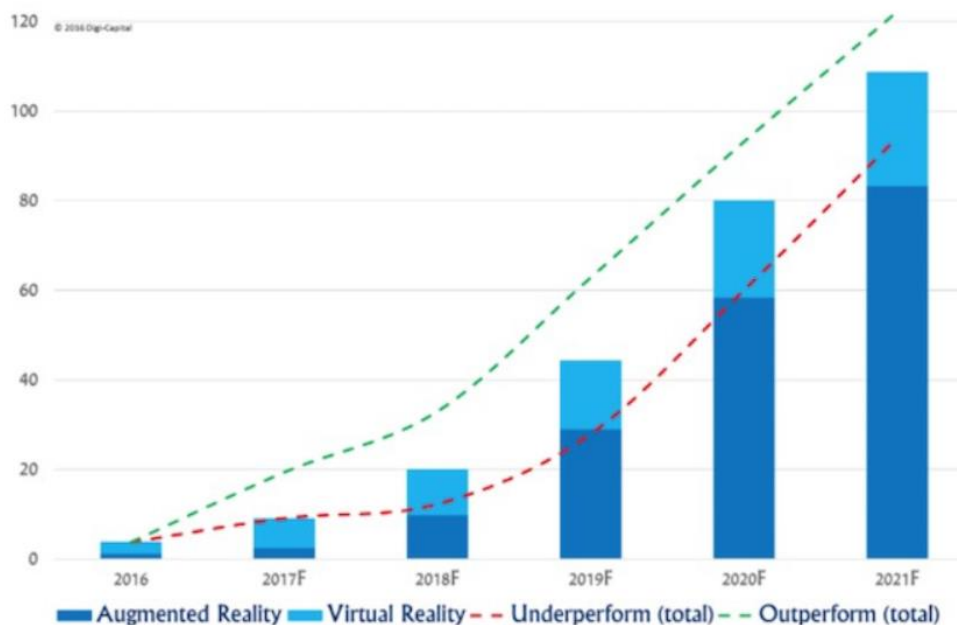
Područja primjene:

- **AR u 3D preglednicima** – korisnicima je omogućeno stavljanje različitih 3D modela u svoju okolinu. Aplikacije, koje to omogućuju, mogu biti korištene u svrhe promocija, prodaje, arhitekture, dizajniranja proizvoda i slično.
- **AR putem kamere** – korisnicima je prilikom korištenja kamere na pametnom telefonu ponuđena opcija dodatnih informacija o predmetu kojeg kamera vidi. Putem softvera za analizu objekta, korisniku su prikazuju dodatni podatci o npr. građevini, muzeju, lokaciji. Također postoji mogućnost implementacije 3D GPS sustava koji jasno naznačuje put i procijenjeno vrijeme trajanja do odredišta.
- **AR igre** – kao i većina ostalih tehnologija, AR je svoju primjenu pronašla i u video igrama. Također je riječ o stvarnome svijetu u koji su ubačeni različiti virtualni dodaci koji pospješuju korisničko iskustvo.



Slika 8. Proširena stvarnost [8]

Da je to vrsta industrije koja se sve više razvija i ima veliki potencijal, prikazuje [Slika 9.]. Procjenjuje se da je to tržište koje će sve više rasti, a ključnu ulogu u tome upravo imaju inovacije, mogućnost implementacije u postojeće sustave te povećanje broja korisnika u raznim područjima.



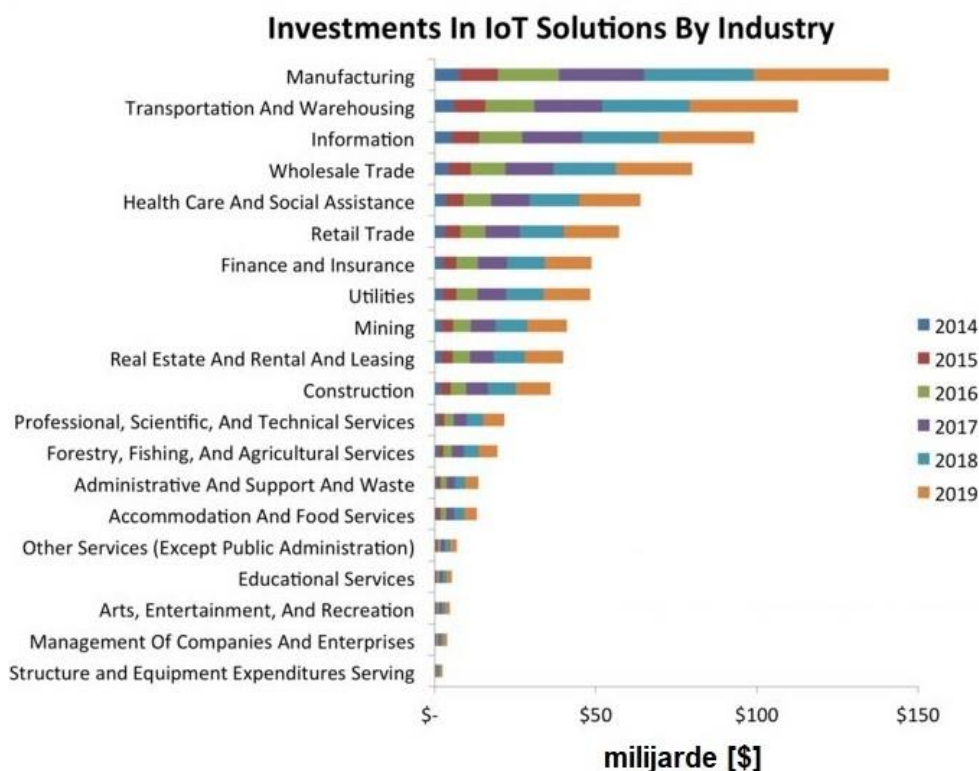
Slika 9. Investicije AR/VR u milijardama dolara [9]

3.5. Internet stvari

U današnje vrijeme, sve se češće spominju stvari sa pridjevom „pametno“ (eng. Smart). Pametni mobiteli, satovi, klupe, gradovi, bolnice, tvornice itd. Što točno predstavlja taj pridjev i kakve nam nove funkcije donosi, objašnjeno je pomoću pojma Internet stvari (eng. Internet of Things) – IoT. Internet stvari se odnosi na sve vrste stvari, uređaja, vozila, zgrada pa čak i gradova koji sadrže određenu vrstu elektronike, programe i mogućnost povezivanja na Internet kojom se ostvaruje međusobna povezanost sa ostalim IoT stvarima.

Takva „pametna“ funkcija predstavlja sposobnost da se sa pojedinom stvari može komunicirati putem interneta, na daljinu. Bilo da je riječ samo o uključivanju ili isključivanju uređaja, slanju povratnih informacija o sustavu, upravljanju i konfiguriranju uređaja na daljinu – sve opcije su otvorene. Upravo je to glavna ideja i vizija Interneta stvari, napraviti sustav koji će biti u stanju komunicirati u realnom vremenu i izmjenjivati potrebne informacije i podatke sa ostalim uređajima i ljudima.

Internet stvari je također jedna od tehnologija koja je u velikom usponu, te je svoju primjenu ostvarila u raznim područjima, od kojih se proizvodnja, skladištenje i informacijske znanosti ističu kao predvodnici u investicijama i inovacijama.



Slika 10. Investicije IoT po sektoru [10]

3.5.1. Industrijski Internet stvari

Kao jedna od podvrsta Interneta stvari, koja je ključna za proizvodnju i proizvodne procese je Industrijski Internet stvari (eng. Industrial Internet of Things). IIoT je koncept koji transformira uređaje i strojeve u pametne. Način na koji se to postiže je da se implementira mogućnost povezivanja na lokalnu mrežu i Internet, te zajedno sa industrijskim programima, kreiraju umreženo pametno radno okruženje.

Uređaji i strojevi tako postižu mogućnost međusobne komunikacije, ali i komunikacije prema ljudima što za posljedicu ima veću kontrolu radnog sustava, povećanu izmjenu relevantnih podataka koji služe za analizu i optimizaciju proizvodnih procesa.

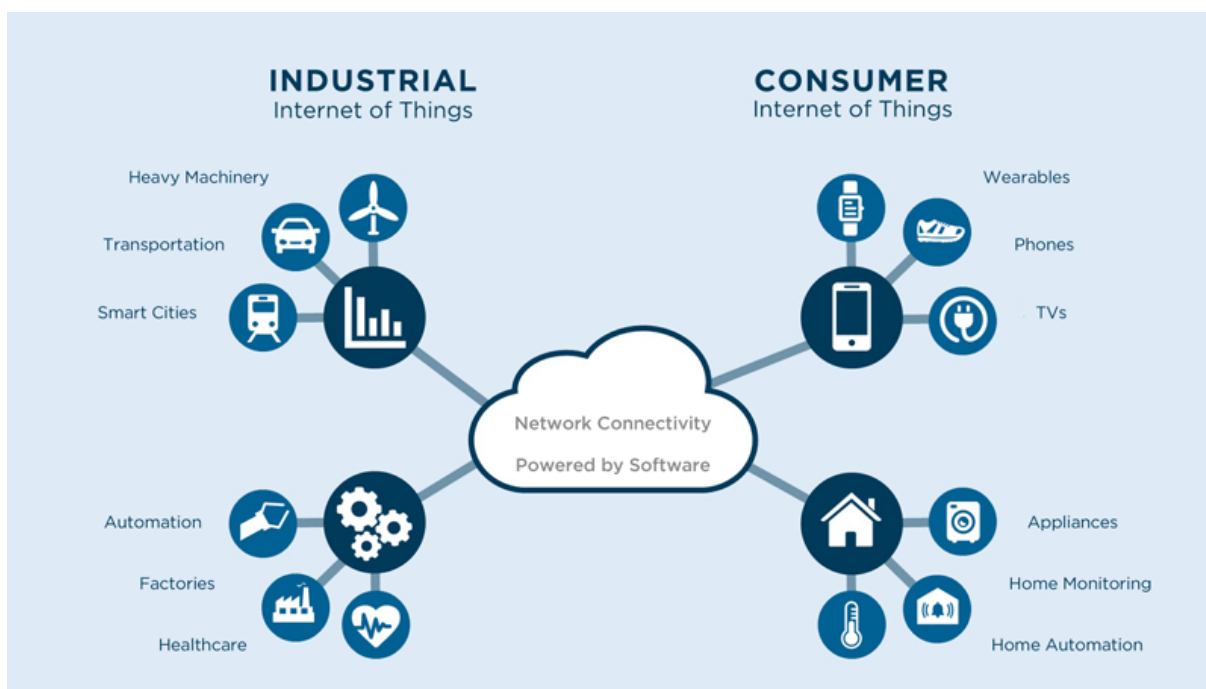
Nadalje, putem povezivanja na Internet, otvara se mogućnost upravljanja takvim sustavom na udaljenim lokacijama, što također predstavlja veliku prednost u odnosu na tradicionalne proizvodne sustave.

3.5.2. Ostala područja

Internet stvari je prisutan u raznim područjima, te osim Industrijskog interneta stvari u kojeg prvenstveno ubrajamo strojeve i opremu koja se koristi u industrijskom sektoru, prema [Slika 11.] druga ključna primjena Interneta stvari je kod potrošača.

Stvari kao što su mobiteli, slušalice, televizori, razni kućanski aparati, ukoliko su povezani na internet, predstavljaju pametne uređaje koji putem interneta komuniciraju i šalju podatke u svrhu optimizacije svojih zadataka.

Jedna od takvih primjena je u svakodnevnom životu gdje osoba putem pametnog mobitela može upravljati kućanskim aparatima, kao što je perilica odjeće, na daljinu, ukoliko ona ima mogućnost povezivanja. Takvim načinom se čovjeku, kao krajnjem korisniku, povećava kontrola nad samim procesom, od biranja vremena kada će uređaj nešto obaviti i na koji način.



Slika 11. Internet stvari - podjela [11]

3.6. Upravljanje velikom količinom podataka

Pod velikom količinom podataka (eng. Big Data) se misli na one podatke koji se prikupljaju prilikom korištenja određenih servisa, programa, uređaja i svega što prikuplja ulazne, izlazne i sve ostale parametre tijekom određenog procesa.

Tek prikupljeni podatci predstavljaju ništa drugo osim hrpu podataka koji nisu ni na kakav način obrađeni, grupirani, objašnjeni ili analizirani. Kako nam digitalizacija života općenito, stvara sve više takvih podataka, koji se pohranjuju na određene servere ili u sklopu Oblaka, njihova analiza predstavlja veliku priliku za napredak.

Iako je sam pojam „Big dana“ relativno nov, proces prikupljanja i pohranjivanja podataka u svrhu analize je već dulje vrijeme prisutan. Upravo taj proces analize je doživio svoj procvat početkom 21. stoljeća kada je Doug Laney objasnio i definirano ključne važnosti. [12]

Prema njemu, ključni pokazatelji se definiraju u tri grupe:

- **Količina podataka** – organizacije i poduzeća pohranjuju različite tipove podataka, uključujući razne poslovne transakcije, sociološke čimbenike, informacije koje proizvode senzori i one koje se razmjenjuju putem Interneta stvari. U prošlosti je pohrana velike količine podataka predstavljala problem, ali razvoj novim tehnologija se takva prepreka eliminirala.
- **Brzina prijenosa podataka** – u današnje vrijeme, kada je tehnologija razvila visoku brzinu prijenosa podataka, potrebno ju je i analizirati u zadanom vremenskom okviru. RFID čipovi, senzori i uređaji koji generiraju i koriste veliku količinu podataka moraju biti u stanju brzo procesuirati zadane parametre.
- **Raznolikost podataka** – podatci se nalaze u raznim formatima. Od strukturiranih, numeričkih podataka iz raznih baza podataka pa sve do nestrukturiranih podataka kao što su tekstualni dokumenti, e-pošta, video i audio zapisi i slično.

3.6.1. Važnost i svrha

Iako u samom nazivu se spominje „velika“ količina podataka, važniju ulogu igra što se sa tom količinom podataka može napraviti. Svrha analize prikupljenih podataka je u smanjenju troškova, skraćanju vremena – proizvodnje, pripremno-završnog, transporta, mogućnost utjecaja prilikom izrade novih proizvoda i optimizaciji postojećih, donošenju kvalitetnijih odluka općenito.

Upravljanje velikom količinom podataka i njena analiza je veoma moćan alat i vrsta tehnologije koja je svoju primjenu doživjela u bankarstvu, edukaciji, zdravstvu, proizvodnji, prodaji i oglašavanju. Ovisno o području u kojem se implementira, može imati različite utjecaje kao što su:

- Utvrđivanje uzroka kvarova i nedostataka
- Otkrivanje neispravnog ponašanja elementa sustava
- Predlaganje poboljšanja u sektoru financija i upravljanja
- Generiranje odabranih reklama na temelju korisnikovih navika

3.7. Digitalni blizanci

Digitalni blizanci (eng. Digital Twin) predstavljaju softverski model različitih sredstva i procesa koji se koriste za razumijevanje, predviđanje i optimizaciju performansi kako bi se postigli poboljšani rezultati. [13]

Pojednostavljeno, to je virtualna kopija stvarnog uređaja Interneta stvari [Slika 12.] , koji nam omogućuje njegovo ispitivanje i unapređenje u fazama projektiranja, izrade i eksploatacije.

- **Faza projektiranja** – riječ je o objedinjenju svih fizikalnih i softverskih rješenja uređaja. Testira se njihovo međusobno slaganje, te se po potrebi unapređuje.
- **Faza izrade** – naglasak je na procesima izrade, kako se može pomoću dizajna proizvoda utjecati na proizvodne procese i strojeve koji taj uređaj izrađuju.
- **Faza eksploatacije** – najbitnija faza, gdje se na temelju povratnih informacija o eksploataciji u različitim uvjetima mogu korigirati faze projektiranja i izrade u svrhu dobivanja kvalitetnijih i optimiziranih proizvoda.

Bitno je naglasiti da je riječ o uređajima Interneta stvari, kako bi virtualna kopija od stvarnog uređaja dobivala potrebne informacije za testiranje i unapređenje, a sve to u stvarnom vremenu. Povratne informacije, potrebne su u svakom koraku navedenih faza jer se koriste za analitiku i optimizaciju.



Slika 12. Digitalni blizanci - motor aviona [14]

Temeljne prednosti korištenja Digitalnih blizanci:

- Povećana pouzdanost i dostupnost
- Mogućnost testiranja unapređenja sustava u virtualnom okruženju
- Smanjeni rizici od pojave nedostataka i kvarova u sustavu
- Manji troškovi održavanja
- Povećana produktivnost

4. MODELI DIGITALIZACIJE

U ovom će se poglavlju pobliže objasniti na koji način se digitalne tehnologije mogu ukomponirati u jednu jedinstvenu cjelinu, koje su prednosti takvih sustava zajedno sa primjerima primjene u različitim industrijama Europe.

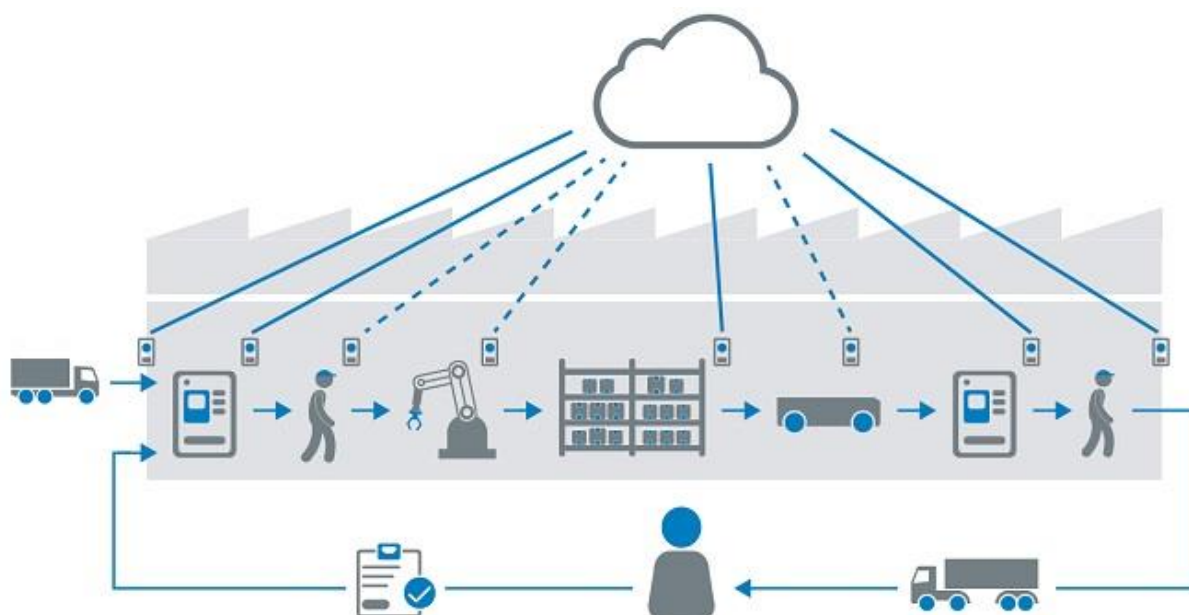
4.1. Pametna tvornica – općenito

Pametna tvornica (eng. Smart Factory) je ključan koncept u reindustrijalizaciji Europe, za koju se očekuje da će biti ključni aspekt za stavljanje Europskog gospodarstva na uzlaznu putanju te za otvaranje novih radnih mjesta putem drastičnog poboljšavanja sposobnosti tvornica da izrade visokokvalitetne i inovativne proizvode uz niske troškove. [15]

Glavne karakteristike koje pametne tvornice razlikuju od tradicionalnih jesu:

- **Kibernetско-fizički sustavi**
- **Fleksibilnost sustava**
- **Povezanost sustava**

[Slika 13.] nam prikazuje model pametne tvornice, kako su sve komponente u proizvodnom toku povezane internetom na oblak za pojednostavljenu i sigurniju komunikaciju te nadzor i kontrolu svakog segmenta sustava.



Slika 13. Prikaz pametne tvornice [16]

4.1.1. Kibernetско-fizički sustavi

Kibernetско-fizički sustavi (eng. Cyber-physical Systems – CPS) su mehanizmi u kojima su strojevi, uređaji i roboti povezani putem interneta, te se njihovo upravljanje vrši pomoću računalnih algoritama. CPS sustavi uključuju pristupe iz različitih dijelova, odnosno spajaju se teorije kibernetike, mehatronike, dizajna i znanosti o proizvodnim procesima. Dolazi do visoke razine automatizacije i autonomije prilikom korištenja ovakvih sustava te predstavljaju najnapredniju razinu proizvodnog sustava.

4.1.2. Fleksibilnost sustava

Za razliku od tradicionalnih proizvodnih sustava, gdje je zadnji naglasak bio na masovnoj proizvodnji, noviji sustavi se orijentiraju više na fleksibilnost sustava. To znači da se zahtjevi kupaca stavljaju na prvo mjesto, te se proizvodi točno što kupac i tržište zahtjeva. Za sustav se kaže da je fleksibilan ukoliko ima mogućnost brze adaptacije prema zahtjevima proizvodnje, odnosno kupaca. Na taj način, poduzeće više nije orijentirano prema jednom tipu proizvodnje već se može prilagođavati i prema razvoju novih tehnologija i proizvoda.

4.1.3. Povezanost

Putem povezivanja strojeva, robota, senzora na jedinstvenu mrežu, koristeći Industrijski internet stvari, postiže se umrežena cjelina sa poboljšanjima u području odziva sustava, sljedivosti i predviđanja ponašanja sustava. Upravljanjem sakupljenih podataka, postižu se značajne uštede u optimizaciji vremena operacija, smanjenju troškova kao i smanjenju otpada i nepotrebnih elemenata u sustavu. Jedna od ključnih stvari koja se može postići u takvom okruženju koristeći navedene značajke je prediktivno održavanje čime se još dodatno povećava sama sigurnost sustava.

4.2. Ostali modeli digitalizacije

Osim u industrijskom sektoru, modeli digitalizacije su prihvaćeni u raznim drugim sektorima. Osim pametne tvornice, koja je glavni predvodnik Industrije 4.0, za generalni razvoj društva u digitalno doba ističu se još pametna bolnica i pametni grad.

- **Pametna bolnica** (eng. Smart Hospital) je vrsta bolnice koja se oslanja na optimizirane i automatizirane procese izgrađene na ICT okruženju međusobno povezanih sredstava, s naglaskom na Internet stvari, čime se poboljšavaju postojeći, ali i uvode novi postupci skrbi prema pacijentima.
- **Pametni grad** (eng. Smart City) je grad ili područje grada koje je opremljeno različitim senzorima za prikupljanje potrebnih podataka za upravljanje tim područjem. Podatci mogu varirati od broja ljudi koji prođe određenim područjem, njihovih mišljenja, podataka prikupljenih od raznih uređaja, a prikupljaju se u svrhu obrade i mogućnosti poboljšanja određenog područja krojeno prema njihovim potrebama.

4.3. Primjeri digitalnih poslovnih rješenja

4.3.1. Mapvision

Mapvision je tvrtka koja nudi rješenja u području kontrole kvalitete. Vodeći se vizijom stopostotne kontrole u proizvodnim pogonima, postavljaju novi standard u području kontrole kvalitete. Glavni fokus je na automobilsku industriju, gdje je nužno kontrolirati svaki proizvedeni dio. Mapvision mehanizam kontrole se koristi u proizvodnji širokog raspona zavarenih i lijevanih komponenata, prema [Slika 14.], koji imaju složenu geometriju te je način kontrole ovim mehanizmom u potpunosti digitaliziran, brz i siguran.



Slika 14. Prikaz kontroliranih dijelova [17]

Mehanizam kontrole se sastoji od zatvorenog kućišta koje se montira na kraju proizvodne linije. Ono je opremljeno sa deset ili više kamera HD rezolucije koje slikaju proizvedeni dio te šalju u računalo kao vanjsku jedinicu za obradu podataka. Na temelju fotogrametrije, računalo mjeri slikani dio uz mjernu nesigurnost ± 0.02 mm. Također, ovisno o potrebama i zahtjevima mjerenja, postoji mogućnost izrade većih kućišta čime se povećavaju dimenzije predmeta koje je moguće mjeriti.

Jednom instaliran i podešen, ovakav mehanizam je u potpunosti autonoman i digitaliziran, te se integrira zajedno sa svim ostalim dijelovima u cjelokupan proizvodni sustav.

4.3.2. *Wanderfeel*

Wanderfeel je poduzeće u usponu koje implementira Virtualnu i Proširenu stvarnost u području arhitekture, inženjerstva i graditeljstva, sa ciljem praćenja trenutnog stanja određenog projekta, bilo da je riječ tek o računalnom modelu ili prilikom konstrukcije objekta.



Slika 15. Način rada [18]

Način rada prikazuje [Slika 15.]. U računalni program se učitaju konstruirani modeli, kao što su zgrade, prostorije, potrebne instalacije itd. Zatim se na samom gradilištu pomoću kamere, fotoaparata ili najjednostavnije pametnog mobitela, provodi snimanje trenutnog stanja. Samo snimanje može obavljati bilo koji radnik na gradilištu. Snimljeno se stanje automatski šalje u računalni program koji ga registrira i implementira u trenutno stanje. Pregled trenutnog stanja se vrši putem bilo kojeg uređaja koji ima mogućnost povezivanja na glavni računalni program, dakle putem mobitela, prijenosnika ili običnog računala.

Cilj koji se ovdje postiže je nadgledavanje trenutnog stanja gradilišta ili objekta, na daljinu, odnosno u uredu, bez da se fizički otiđe na gradilište, čime se povećava mogućnost provjere snimanog sustava pomoću nadziranja na daljinu.

4.3.3. Audi

Područje u kojem se Industrija 4.0 već implementirala u velikom segmentu je dakako automobilska industrija. Audi, kao jedan od vodećih proizvođača automobila na svijetu, konstantno radi na unaprjeđenju svih dijelova poduzeća s naglaskom na transformaciju tvornice automobila u fleksibilne pametne tvornice.

Neke od tehnologija koje su implementirane u Audi pametne tvornice, a predstavljaju velika unaprjeđenja u odnosu na tradicionalne proizvodne linije su:

- 1) **Virtualna i proširena stvarnost** – u postupcima formiranja proizvodnih linija i definiranja koncepata novih automobila
- 2) **Autonomni transport** – korištenjem AGV-a i letjelica (eng. dron), transportni putevi postaju fleksibilni i upravljani direktno putem računala, čime se putevi prilagođavaju zahtjevima proizvodnih procesa
- 3) **Oblak** – povezivanjem strojeva i robota na internet, ostvaruje se jedinstveni autonomni sustav koji se upravlja putem jednog računalnog programa, a nadzire ga odgovorna osoba
- 4) **Big data** – velike količine podataka se pohranjuju za svaku operaciju koja se izvede, kao što je pritezanje vijaka prilikom sklapanja automobila. Računalo pohranjuje sve podatke kako bi što sigurnije odredilo da su potrebne komponente instalirane na ispravan način na svakom automobilu.

5. DIGITALNA TRANSFORMACIJA PODUZEĆA

Mogućnost implementacije neke od digitalnih tehnologija, u svrhu poboljšanja cjelokupnog poslovanja poduzeća sa naglaskom na proizvodnju, prikazati će se na primjeru poduzeća Licitarsko srce d.o.o.

5.1. Općenito o poduzeću

Licitarsko srce d.o.o. je tvrtka sa dugogodišnjom tradicijom. Sa radom je počela 1919. godine kao mali obitelji obrt, da bi do danas, nakon niza godina ulaganja u poslovanje i napredak izraslo u ozbiljnu tvrtku. Područje djelovanja je proizvodnja, uvoz i distribucija različitih svijeća za široku potrošnju, mirisnih i dekorativnih svijeća, različitih plastičnih i staklenih lampiona, vaza, posuda za cvijeće, parafinskih i elektronskih uložaka te različit popratni asortiman.

5.2. Strategija i ciljevi poduzeća

Strategija poduzeća je opskrba različitim vrsta svijeća i popratnog asortimana putem maloprodajnih jedinica u gradu Varaždin, ali i u cijeloj Republici Hrvatskoj putem veleprodaje. Cilj je kupcima pružiti visokokvalitetne i cjenovno pristupačne proizvode.

5.3. Proizvodni program

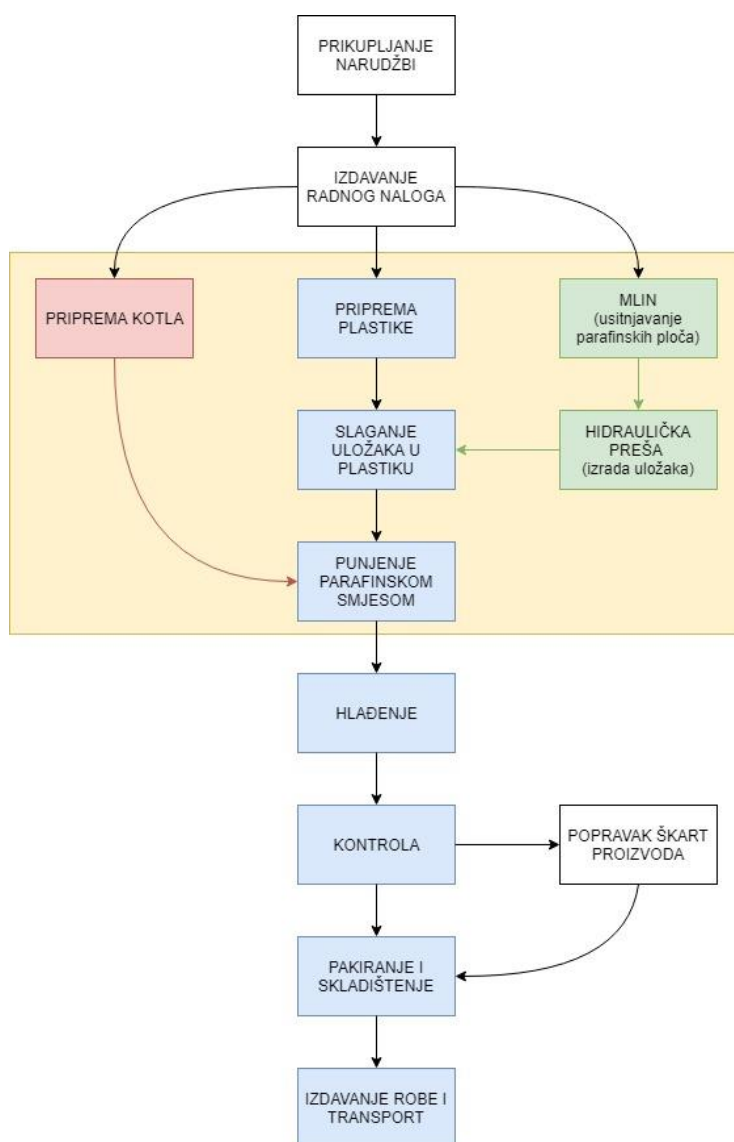
Kako je riječ o tvrtki koja je izrasla iz obiteljskog obrta, proizvodni program se može podijeliti na tri temeljne skupine.

- **Prva skupina proizvoda** predstavlja tradiciju poduzeća te se rade isključivo ručnim radom, a u njih ubrajamo svijeće različitih oblika koje se proizvode prema posebnim specifikacijama kupaca te tradicionalni licitari koji se također u većini slučajeva prilagođavaju posebnim zahtjevima kupaca u svrhu njihovog zadovoljstva. Kako je riječ o proizvodima koji variraju u broju narudžba ovisno o pojedinim blagdanima i dobu godine, te zajedno sa vrijednošću proizvodnje u odnosu na cjelokupno poslovanje poduzeća predstavljaju manji udio, unaprjeđenje proizvodnje (u smislu digitalizacije) za tu skupinu proizvoda se financijski ne isplati, ali se ono održava s ciljem očuvanja identiteta i prepoznatljivosti poduzeća.

- **Druga skupina proizvoda** se sastoji od različitih vrsta lampiona koji se pune parafinskom smjesom ukoliko je riječ o plastičnim lampionima, odnosno staklenim lampionima u koje se umeće plastični uložak napunjen parafinskom smjesom. Ta skupina proizvoda predstavlja glavnu djelatnost poduzeća te će naglasak biti na mogućnostima unaprjeđenja proizvodnje tih tipova proizvoda.
- **Treća skupina proizvoda** predstavlja različite gotove staklene lampione, vaze, posude, te ostale proizvode koji se uvoze kao gotovi proizvodi spremni za daljnju distribuciju.

5.4. Trenutni proizvodni sustav i mogućnosti unaprjeđenja

Na [Slika 16.] je prikazana trenutna struktura proizvodnog sustava.



Slika 16. Struktura proizvodnog sustava

Koraci proizvodnje:

1. **Prikupljanje narudžbi** – iz maloprodajnih jedinica i narudžba putem veleprodaje
2. **Izdavanje radnog naloga** – ovisno o vrsti i količini proizvoda, definiraju se parametri proizvodnje i redoslijed kojim će se proizvoditi
3. **Proces proizvodnje** (žuto osjenčan na [Slika 16.]) se sastoji od pripreme plastike za punjenje, usitnjavanja parafinskih ploča i izradu uložaka koji se u nju umeću, te pripremu kotla sa parafinskom smjesom u svrhu punjenja plastike
4. **Hlađenje** – bitan korak prilikom proizvodnje kako bi se parafinska smjesa jednoliko i umjereno ohladila da ne dođe do stvaranja mjehurića u proizvodu
5. **Kontrola** – kontroliranje ispravne težine proizvoda kao i čistoće odnosno izgleda
6. **Pakiranje i skladištenje** proizvoda – u odgovarajuću ambalažu i/ili kutije
7. **Transport** – u maloprodajne jedinice ili direktno kupcu u slučaju veleprodaje

5.4.1. Pametna proizvodna linija sa senzorima

Korak broj 3 – Proces proizvodnje se sastoji od više strojeva: kotla za punjenje, mlina za usitnjavanje ploča u granule te hidrauličke preše za izradu uložaka.

Ovisno o zahtjevima same proizvodnje, dakle količini proizvoda i roku isporuke, u opisanom proizvodnom pogonu radi 2-4 zaposlenika. Iako iskustvo predstavlja bitan faktor u brzini obavljanja pojedinih operacija, ono je bitnije zbog razumijevanja načina rada svakog pojedinog stroja i njegovih parametara koji se mogu podešavati.

Koncept digitalizacije putem Industrije 4.0 bi podrazumijevao povezivanje svakog pojedinog stroja na internet te njegovo upravljanje i nadziranje putem računala. Međutim, pošto je riječ o mikro poduzeću, kao isplativija opcija u pogledu financija, ali i unapređenja, predlaže se nabava automatizirane proizvodne linije. Proizvodna linija bi se sastojala od navedenih vrsta strojeva (kotao za punjenje, hidrauličke preše, automatskog mehanizma punjenja) integriranih u jednu cjelinu, čime bi se proizvodni sustav u potpunosti automatizirao. S obzirom da bi bila riječ o novoj proizvodnoj liniji, bila bi opremljena sa većom količinom senzora čime bi se kontrolirali svi parametri u proizvodnome lancu. Također, budući da bi bila riječ o automatiziranom sustavu, utjecaj zaposlenika u toku ovog tipa proizvodnje bi se sveo samo na kontrolu i praćenje sustava te bi se mogli raspodijeliti na ostale poslove u poduzeću.

Na takvu proizvodnu liniju, ukoliko nije složeno prilikom izrade, isplatilo bi se implementirati povezanost na internet, čime bi proizvodna linija postala pametna proizvodna linija. Tada, ona bi bila u stanju biti upravljana i kontrolirana na daljinu putem računala ili mobitela, čime bi se omogućilo upravljanje i kontroliranje na daljinu, što je jedna od značajki Industrije 4.0. Nadalje, prikupljalo bi se mnoštvo podataka putem instaliranih senzora na proizvodnoj liniji (brzina sustava, brzina punjenja...) te bi se pomoću analize moglo utjecati na povećanje efikasnosti cjelokupnog proizvodnog procesa.

5.4.2. Cloud rješenje

Kao nastavak na pametnu proizvodnu liniju i u sklopu nje, drugo od rješenja za digitalnu transformaciju je integracija Oblaka u poduzeće. Time bi se smanjili potrebni zahtjevi za računalnom opremom, kao što je server i vanjska jedinica za sigurnu pohranu podataka. Sa integracijom proizvodne linije u pametnu, kao glavna prednost bi bila upravljanje na daljinu, što predstavlja veliki pomak u transformaciji poduzeća u odnosu na današnje stanje. Naravno, prije same implementacije Oblaka, treba ispitati i samu financijsku isplativost u odnosu na korist koja se dobiva iz implementacije, te treba imati na umu da cijena varira između pojedinih pružatelja usluga Oblaka.

5.4.3. Aplikacija za povezanost sa maloprodajnim jedinicama

Trenutno je u praksi običaj da se nakon što se proizvod rasproda, telefonski se javlja da proizvoda na toj lokaciji više nema te da ga se mora dostaviti. Kako je riječ o proizvodima koji variraju tokom godine (iako ima i stalnih proizvoda), teško je napraviti procjenu koliko u kojoj maloprodajnoj jedinici treba imati određenih proizvoda na zalihi. Zbog toga, maloprodajne jedinice rade zasebne narudžbe po potrebi pojedinih artikala prema zahtjevima kupaca i trenutnom tržištu.

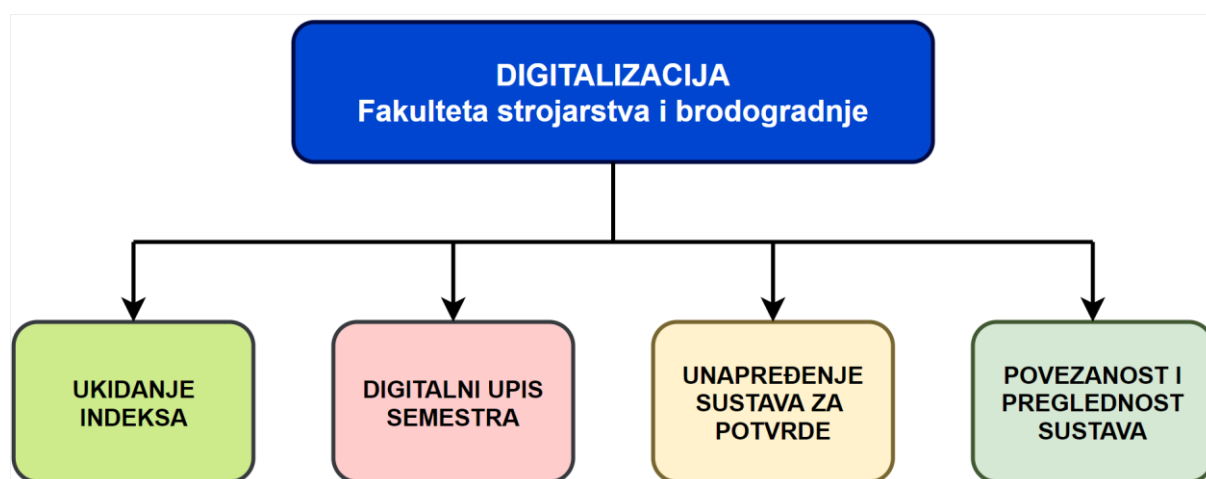
Kao treće rješenje digitalne transformacije, predlaže se izrada aplikacije za izdavanje narudžbi maloprodajnih lokacija prema proizvodnji. Temeljni koncept aplikacije bi bio da ona sama iz računalnog programa, koji se koristi u maloprodajnim jedinicama, povlači podatke o prodanim artiklima i da sama strukturira koji proizvodi nedostaju. Kao što je i već prije naglašeno da postoje proizvodi koji variraju o dobu godine, zaposlenik bi imao mogućnost uređivanja krajnje narudžbe po prodajnom iskustvu. Aplikacija bi imala mogućnost korištenja na računalu, ali i na pametnim mobitelima.

6. DIGITALNO UNAPRJEĐENJE FAKULTETA STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Digitalizacija i unaprjeđenje procesa zahvaća sve segmente ljudskog društva. Iako je tema rada digitalizacija proizvodnje i proizvodnih procesa, praktični dio rada će se odnositi na implementaciju digitalizacije u svrhu povećanja standarda i unaprjeđenja sustava na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu.

Jedan od problema koji je prisutan, a neki od fakulteta su ga već riješili, je svrha postojanja papirnatih verzija indeksa. Budući da se evidencija ocjena i ostalih rezultata školovanja od 2000. godine na fakultetima vodi putem ISVU sustava, predlaže se preispitivanje odluke o postojanju indeksa, odnosno o ukidanju papirnatih verzija.

Eliminacijom papirnatih verzija indeksa, došlo bi do smanjenja obaveza i povećanja vremena kod profesora koji trenutno moraju potpisivati i upisivati ocjene za svaki kolegij i u svakom indeksu, a koje su već unesene na studomatu. Zatim, rasteretili bi se i studenti u smislu manje brige oko upisa potpisa i ocjena, kao i prilikom upisa godine odnosno semestra. Svi su upoznati sa ogromnim redovima ispred studentske službe na početku svakog semestra kada je potrebno izvršiti potvrdu upisa koja se ionako provodi preko ISVU sustava - studomata. Time bi digitalni upis semestra ili godine predstavljao drugo unaprjeđenje trenutnog sustava. Kao treće unaprjeđenje postoji mogućnost uvođenja e-potvrda sa elektroničkim pečatom.



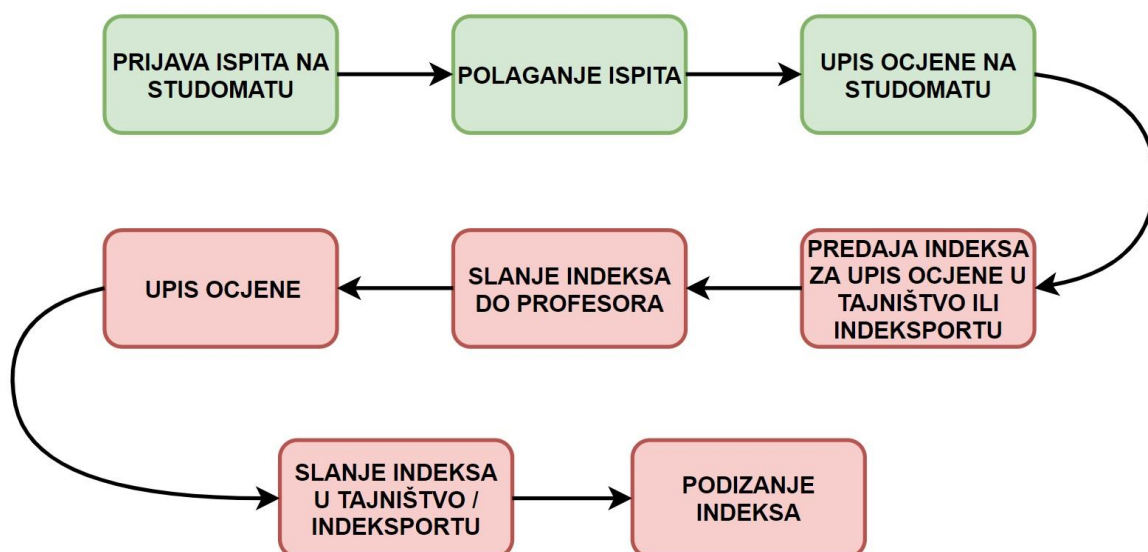
Slika 17. Mogućnosti unaprjeđenja fakulteta

6.1. Ukidanje indeksa

Indeks, kao studentski dokument, sadrži sve podatke o studentu, njegovim ostvarenim uspjesima iz upisanih kolegija na fakultetu, kao i dodatnim aktivnostima koje je student imao tokom svog obrazovanja. Od 2000. godine, svi osobni podatci i ocjene o ostvarenim uspjesima iz kolegija se vode putem ISVU sustava, u digitalnome obliku. ISVU sustav je zamišljen za olakšavanje praćenja uspjeha, za sigurnu pohranu svih podataka na jednom mjestu, čime bi se trebala smanjiti obaveza studenta prema profesorima i obrnuto tijekom cijelog obrazovanja. Iako skoro svi fakulteti u Republici Hrvatskoj koriste ISVU sustav, većina ih i dalje koristi papirnatu verziju indeksa.

Trenutni proces, koji je na snazi prilikom upisa potpisa i ocjene iz pojedinog kolegija, u manjim segmentima varira od kolegija do kolegija, ali generalno je prikazan na [Slika 18.]. Prvi dio prikaza, koji je osjenčan zeleno, predstavlja potrebne korake koji prethode samom upisu potpisa i ocjene u indeks. Drugi dio, osjenčan crveno, dio je procesa koji student obavlja nakon položenog ispita iz kolegija, te mu se nude dvije mogućnosti.

- **Prva mogućnost** je samostalan odlazak profesoru za upis potpisa i ocjene u indeks. Iako se čini kako je to vrlo kratak postupak, može se odužiti na čekanje od sat ili više vremena u slučaju da je profesor na sastanku, na usmenom dijelu ispita ili ukoliko je naglašeno da se upis vrši isključivo u vrijeme konzultacija, da student nije u mogućnosti doći u to vrijeme zbog ostalih obaveza.
- **Druga mogućnost** upisa potpisa i ocjene je preko indeks porte ili preko tajništva zavoda. Vrijeme koje je potrebno za upis ovim putem nekada može trajati i više od tjedan dana te također predstavlja dio procesa koji traje duži vremenski period. Radno vrijeme indeks porte je od 9 do 12 sati svaki radni dan, iako se nekada zna dogoditi da u navedeno vrijeme porta ne radi. Također, ukoliko se indeks ostavlja u tajništvu zavoda, proces se ubrzava, ali ponovno postoji ograničenje u vremenskom terminu za primanje studenta, u većini slučajeva od 10 do 12 sati. Student mora minimalno dva puta posjetiti indeks portu ili tajništvo, jednom za predaju indeksa, a drugi puta kako bi ga pokupio.



Slika 18. Strukturni prikaz upisa potpisa i ocjene

Uklanjanjem indeksa, eliminirale bi se sve aktivnosti koje su osjenčane crveno na [Slika 18.] čime bi se unaprijedio sustav smanjujući obaveze i studenata i profesora. Indeks, kao papirnata verzija službenog studentskog dokumenta, trenutno je ukinuta na slijedećim fakultetima:

- Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
- Arhitektonski fakultet, Zagreb
- Fakultet organizacije i informatike, Varaždin
- Filozofski fakultet, Zagreb (od 1.1.2019.)
- Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb (od ak. god. 2018/19)

Temeljne prednosti ukidanja papirnatih verzija indeksa su:

- 1) Smanjenje obaveza studenata, profesora, tajništva
- 2) Više vremena za bitnije aktivnosti
- 3) Potpuna digitalizacija sustava
- 4) Manji troškovi studenata
- 5) Očuvanje okoliša smanjenjem korištenja papira

6.2. Digitalno unapređenje

Procesi koji uključuju sakupljanje određenih dokumenata, njihovo potpisivanje te predaju u razne studentske službe ili urede, trenutno uzimaju puno vremena i truda. Za primjer problema, uzet je upis novog semestra prikazanog na [Slika 19.]. Trenutni proces upisa se sastoji od odabira predmeta na ISVU sustavu te odlaska do fakulteta u svrhu ovjere upisa sa upisivanjem odabranih predmeta u indeks, putem studentske službe.



Slika 19. Prikaz trenutnog procesa upisa

Temeljna ideja uvođenja digitalizacije u proces upisa je njegovo pojednostavljenje, čime bi se eliminirali svi dijelovi procesa koji su zastarjeli i koji nepotrebno oduzimaju vrijeme. Istovremeno, digitalizacijom bi se objedinili svi dokumenti na jednom mjestu, zajedno sa svim ostalim sličnim aktivnostima koji svaki student provodi i više od deset puta tokom studija.

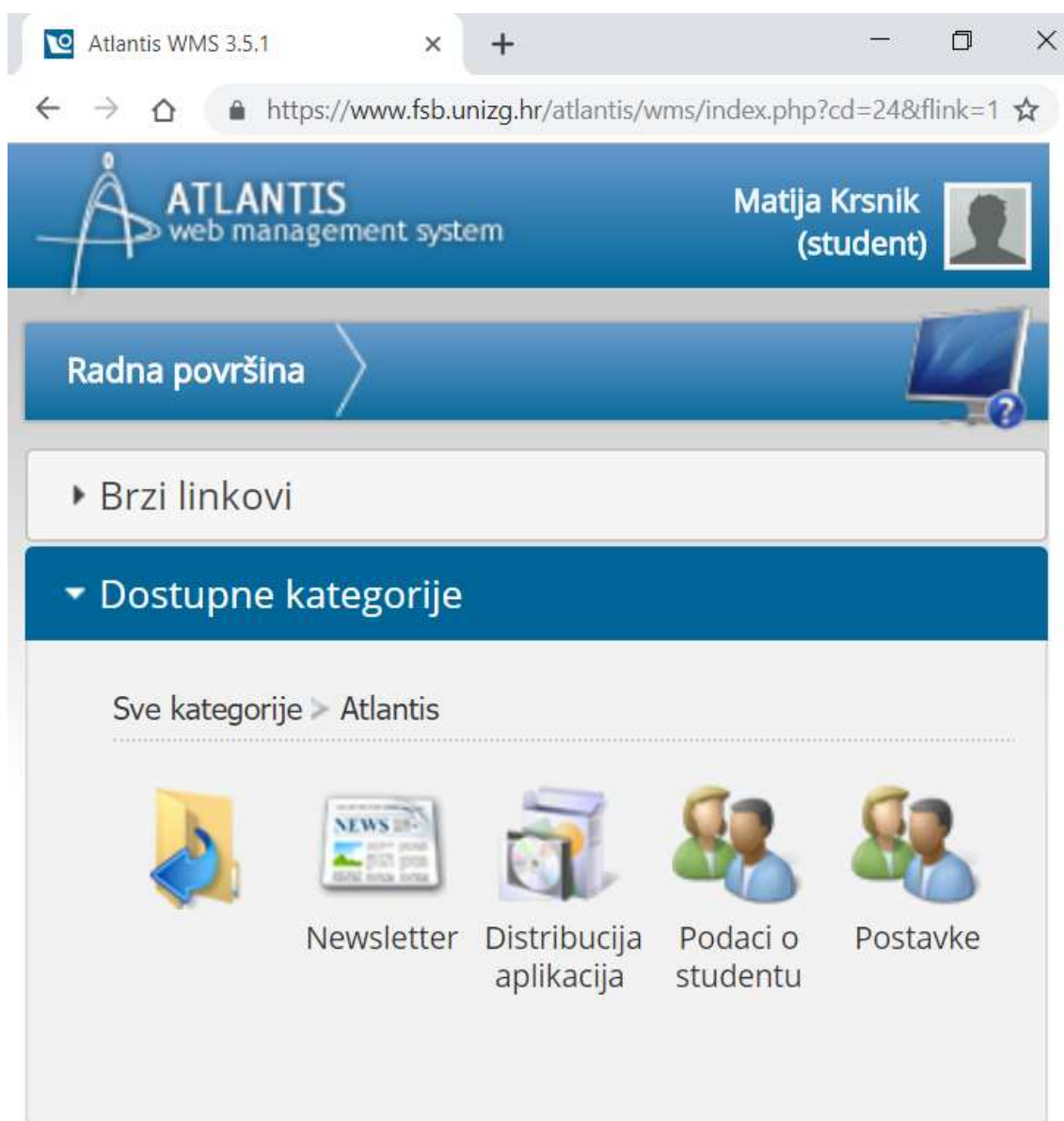
Temeljni procesi koje je potrebno provesti i digitalizirati jesu:

- Isključivo digitalni upis semestra / nove akademske godine
- Digitalni odabir smjera prilikom upisa 2. godine studija (unapređenje postojećeg sustava)
- Dostava dokumenata o provedenim plaćanjima upisa / ECTS-a / razredbenog postupka
- Predaja zahtjeva za zadavanje završnog / diplomskog rada
- Predaja molbe za pristup obrani završnog / diplomskog rada
- Izdavanje e-potvrde o statusu redovnog studenta / prosjeku ocjena / položenim predmetima

Kao model digitalnog unapređenja, **predlaže se osnivanje e-referade kao digitalnog sučelja** za unapređenje cjelokupnog sustava na Fakultetu strojarstva i brodogradnje.

6.3. Plan implementacije

Digitalne mogućnosti koje Fakultet strojarstva i brodogradnje nudi svojim studentima, putem portala <http://fsb.unizg.hr/> je odabir smjera prilikom upisa 2. godine preddiplomskog studija, dohvaćanje licenci za pojedine programe, te mogućnost primanja obavijesti koje se objavljuju na oglasnim pločama, putem elektroničke pošte. Trenutno studentsko sučelje je prikazano na [Slika 20.]. Osim navedenih radnji, sustav ne služi ni čemu, ali ima veliku mogućnost nadogradnje različitih servisa i usluga.



Slika 20. Studentsko sučelje

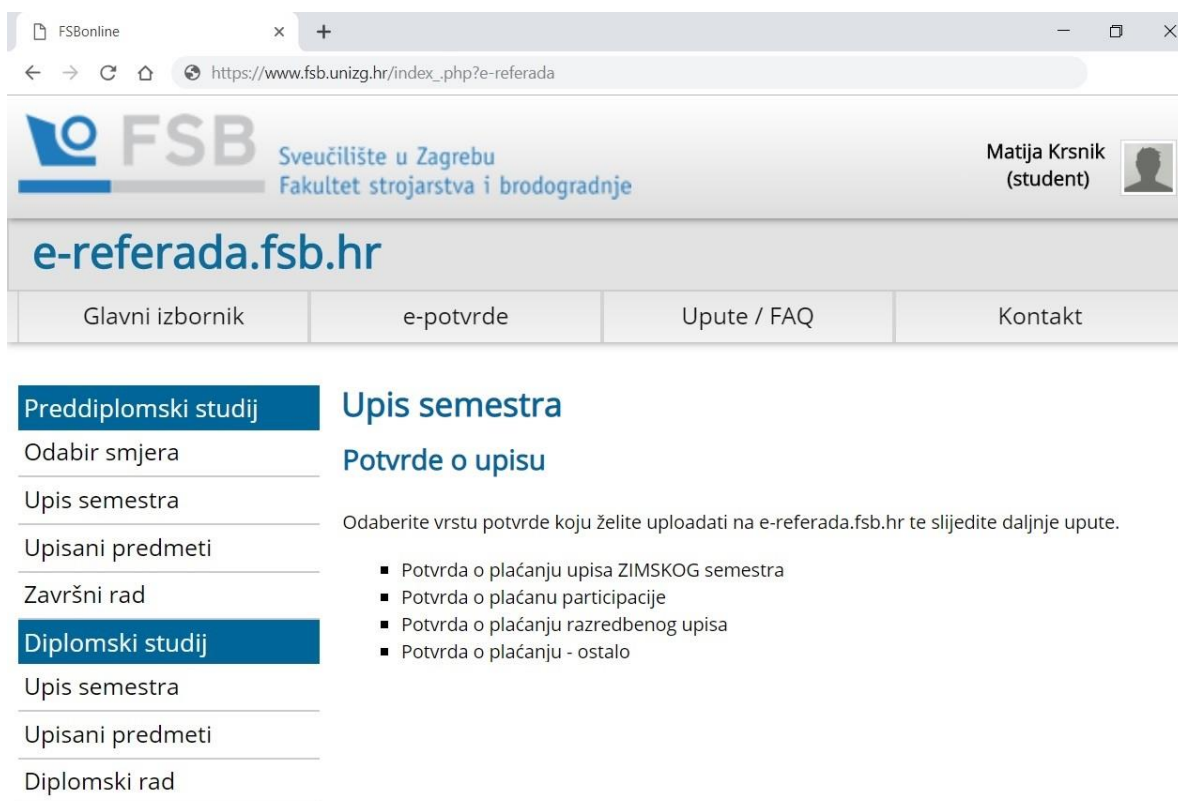
Kao rješenje uvođenja većeg stupnja digitalizacije na Fakultet strojarstva i brodogradnje, predlaže se stvaranje sučelja „e-referada“. Sučelje bi se moglo implementirati u sklopu sadašnje prijave na sustav putem <http://fsb.unizg.hr/>, s redizajnom trenutnog sustava i povezivanjem ostalih bitnih procesa koje studenti koriste u digitalnom formatu. Iako već dugi niz godina, upis u 2. godinu studija i slanje potvrde o provedenom plaćanju putem e-pošte postoje, nužno je objediniti i povezati sve segmente koji se mogu digitalizirati u svrhu stvaranja jedinstvenog i preglednog korisničkog sučelja.

Ideja je objediniti i digitalizirati sve procese koji se tiču studenata prema fakultetu. U to ubrajamo postojeće procese kao što su upis semestra, slanje potvrde o provedenom plaćanju, prijava završnog i/ili diplomskog rada, ali i uvođenje novih mogućnosti kao što je podizanje e-potvrde sa elektroničkim žigom.

Stvarni problemi koji bi se riješili implementacijom e-referade:

- Eliminacija redova i čekanja ispred studentske službe
- Dobiveno vrijeme iskorištavaju svi – studenti i zaposlenici studentske službe
- Eliminacijom indeksa se ukida upis u isti, te se dodatno povećava vrijeme studenata i profesora iskoristivo za bitnije aktivnosti
- Ispis e-potvrda koje su dostupne gdje god se nalazili
- Mogućnost upisa tehničkog umjesto ne tehničkog predmeta preko interneta
- Korištenjem digitalnih tehnologija i pristupa općenito, mijenja se i svijest i način razmišljanja kod svih sudionika

Konceptni izgled sa nekim karakteristikama e-referade, prikazan je na [Slika 21.], [Slika 22.], [Slika 23.] i [Slika 24.].



Slika 21. Prikaz sučelja – Upis semestra



Slika 22. Prikaz sučelja – Upute

The screenshot shows a web browser window with the URL https://www.fsb.unizg.hr/index_php?e-referada. The page header includes the FSB logo, 'Sveučilište u Zagrebu', 'Fakultet strojarstva i brodogradnje', and the user 'Matija Krsnik (student)' with a profile picture. The main navigation bar contains 'Glavni izbornik', 'e-potvrde', 'Upute / FAQ', and 'Kontakt'. The left sidebar has a menu with 'Preddiplomski studij' (highlighted) and 'Diplomski studij'. The main content area is titled 'Završni rad' and contains the following text:

Dobrodošli u digitalno sučelje za prijavu završnog rada. Za uspješnu prijavu i pristup obrani završnog rada, potrebno je popuniti slijedeće dokumente:

- [DOC_1] Prijava završnog rada
- [DOC_2] Odabir mentora i teme završnog rada
- [DOC_3] Molba za pristup obrani završnog rada

Zatim je potrebno dokumente uploadati na za to predviđeno mjesto:

- [DOC_1] Upload
- [DOC_2] Upload
- [DOC_3] Upload

Slika 23. Prikaz sučelja – Završni rad

The screenshot shows the same web browser window, but the 'e-potvrde' section is active. The left sidebar menu now highlights 'e-potvrde'. The main content area is titled 'Potvrda o upisu sa prijepisom ocjena' and contains the following text:

Zatražen je ispis Potvrde o upisu sa prijepisom ocjena u svrhu Ostvarivanje prava na stipendiju, za akademsku godinu 2018/2019.

- [PDF] e-potvrda.2555920024.pdf - kliknite za preuzimanje

Slika 24. Prikaz sučelja - e-potvrda

7. ZAKLJUČAK

Trenutno se nalazimo u vremenu velikih promjena, u vremenu 4. industrijske revolucije, uvriježene pod nazivom Industrija 4.0. Iako donosi brojne prednosti i pogodnosti, postoji velik broj ljudi koji se nije ni susreo sa tim pojmom, što predstavlja jedan od nedostataka u području primjene novih tehnologija kao i u brzini razvoja.

Sva poduzeća, a posebno industrijski orijentirana, imaju sve više problema, a posebno u zahtjevima proizvodnje koje im postavljaju kupci i sama tržišta. U svrhu adaptacije prema postojećim problemima, ali i novim izazovima, nužno je provesti temeljite promjene. Kako iz tradicionalnih struktura, prerasti u drugačija, tehnološki naprednija poduzeća jasno je definirano konceptom Industrije 4.0. To je koncept koji u fokus stavlja digitalnu transformaciju. Riječ je o unapređenju proizvodnje, proizvodnih i operativnih procesa kroz primjenu novijih tehnologija kao što su Umjetna inteligencija, Duboko i Strojno učenje, Virtualna i Proširena stvarnost i ostale. Upravo njihovom pravilnom implementacijom u postojeće sustave, dolazi do povećanja automatizacije, fleksibilnosti i autonomije. Unapređuju se standardi kontrole, kvalitete i edukacija zaposlenika što rezultira inovacijama, investicijama i boljim uspjehom. Poduzeća koja se boje uvesti promjene te imaju strah od implementacije novih tehnologija, ne će opstati na tržištu, već će ih konkurencija preći u svim pogledima. Glavni cilj Industrije 4.0 nije uvođenje novijih tehnologija, već razvojem cjelokupnog sustava ostvariti napredak i poboljšanje. Naglaskom na digitalne tehnologije i njihovu implementaciju, u radu je predložena mogućnost digitalnog unapređenja Fakulteta strojarstva i brodogradnje putem novog sučelja e-referade.

Bilo da je riječ o implementaciji nove tehnologije, nabavi novog stroja ili jednostavno u boljem povezivanju i korištenju trenutnog stanja sustava, promjene su nužne. Samo ispravnim odgovorom na situacije koje zahtijevaju promjene, dolazi do pozitivnih promjena u zahvaćenom okruženju.

LITERATURA

- [1] Berger R.: Industry 4.0 – The new industrial revolution, 2014.
- [2] <https://www.ibm.com/cloud/learn/cloud-computing> (pristupljeno: siječanj, 2019.)
- [3] <https://www.oysconsultores.com/tecnologia/cloud/> (pristupljeno: siječanj, 2019.)
- [4] <https://www.quora.com/What-are-cloud-computing-types> (pristupljeno: veljača 2019.)
- [5] Štefanić N.: Proizvodni menadžment (predavanja), 2018/19.
- [6] <https://medium.com/intro-to-artificial-intelligence> (pristupljeno: veljača 2019.)
- [7] <http://www.i-runway.com/blog/patentees-drive-to-make-the-virtual-real/> (pristupljeno: veljača 2019.)
- [8] <https://medium.com/@tecsynt/how-much-does-augmented-reality-app-development-cost-in-2018-712d0441e829> (pristupljeno: veljača 2019.)
- [9] <https://www.digi-capital.com/reports/> (pristupljeno: veljača 2019.)
- [10] <https://www.businessinsider.com/the-enterprise-internet-of-things-market-2014-12> (pristupljeno: veljača 2019.)
- [11] <https://intellinium.io/why-iiot-is-different-from-iiot/> (pristupljeno: veljača 2019.)
- [12] Laney D.: 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety, 2001.
- [13] <https://www.ge.com/digital/applications/digital-twin> (pristupljeno: veljača 2019.)
- [14] <https://www.ibm.com/internet-of-things/trending/digital-twin> (pristupljeno: veljača 2019.)
- [15] <https://ec.europa.eu/digital-single-market/smart-manufacturing> (pristupljeno: veljača 2019.)
- [16] <https://www.sick.com/ag/en/sensor-intelligence-in-the-smart-factory/w/smartfactory/> (pristupljeno: veljača 2019.)
- [17] <https://www.mapvision.fi/> (pristupljeno: veljača 2019.)
- [18] <https://wanderfeel.com/> (pristupljeno: veljača 2019.)

PRILOZI

I. CD-R disk